

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2010

PAVEL PYŠKO

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Výkonové poměry větrných elektráren.**  
**Wind Power Plants Power Flows.**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroenergetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Pyško**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika  
Téma: **Výkonové poměry větrných elektráren.  
Wind Power Plants Power Flows.**

Zásady pro vypracování:

1. Větrná energetika v ČR.
2. Popis parametrů větrné elektrárny VESTAS V90 ve Veselí u Oder.
3. Popis parametrů větrné elektrárny WinWinD WWD3 v Pcherách.
4. Analýza provozu větrných elektráren z hlediska toků výkonů.
5. Zhodnocení provozu větrných elektráren podle více kritérií.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Mišák, S., Prokop, L.: Problem of Wind Power Plant Engineering in the. In Proceedings of the 2nd International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2009, 100-115, Instituto Politécnico De Setúbal, Universidade de Lisboa
2. Krejčí, P., Prokop, L., Mišák, S.: Analysis of Long time WPP PowerFlows Measurement. In sborník konference EPE 2009, 2009, 6, ISBN 978-80-248-1947-1
3. Mišák, S., Prokop, L., Krejčí, P., Sikora, T.: Provoz větrných elektráren s měniči frekvence. In Elektro - odborný časopis pro elektrotechniku, 2008, vol. 18, čís. 10, 4-8
4. Prokop, L., Mišák, S., Sikora, T., Krejčí, P.: Větrné elektrárny s asynchronními generátory v sítích VN. In Elektrověst, 2008, p.47-1, 47-11
5. Prokop, L., Mišák, S., Sikora, T., Krejčí, P.: Zpětné vlivy provozu větrných elektráren na distribuční síť. In časopise Energetika, 2008, p.14

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.  
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Ostrava .....

.....

podpis

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lukáši Prokopovi Ph.D. za zájem, připomínky a čas, který věnoval této práci.

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.

Ostrava .....

.....

podpis

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá postupným vývojem větrných elektráren ve světě a to od větrných mlýnů až po současnost. Blíže se zaměřuje na výkonové poměry dvou větrných elektráren instalovaných v České republice. Dále podrobněji objasňuje představu o jedné formě výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Porovnává naměřená a dále zpracována data z provozu, ze kterých vyvozuje jistý závěr. V přílohách jsou zpracované grafy pro přehlednou představu naměřených údajů a jejich porovnání.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Obnovitelné zdroje energie, větrná elektrárna, větrná energie, gondola, činný výkon, jalový výkon, větrná mapa

## **ABSTRACT**

This publication deals with the gradual development of wind power plants in the world, from windmills to the present. There is a closer focus on the power output rate of two wind power plants installed in Czech Republic. It explains in further detail the idea of transforming electrical energy from renewable energy sources. There is a comparison between measured and precessed data from a real plant and draws its conclusion from this. A better picture about the measured data can be found in the charts attached.

## **KEYWORDS**

renewable energy sources, wind power plant, wind power, gondola, active power, reactive power, wind map

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

<b>VTE</b>	Větrná elektrárna
<b>MW</b>	Megawatt ; jednotka činného výkonu
<b>MWh</b>	Megawatthodina ; jednotka elektrické práce
<b>MVar</b>	Megavoltamper reaktanční ; jednotka jalového výkonu
<b>OPZE</b>	Obnovitelné přírodní zdroje energie
<b>P(W)</b>	Veličina činného výkonu (watt)
<b>Q(VAr)</b>	Veličina jalového výkonu (voltamper reaktanční)
<b>kW</b>	Kilowatt; jednotka činného výkonu
<b>kWh</b>	Kilowatthodina (1000 watthodin) ; jednotka elektrické práce



# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1 OBNOVITELNÉ PŘÍRODNÍ ZDROJE ENERGIE.....</b>	<b>12</b>
1.1 Definice OPZE.....	12
1.2 Definice OPZE dle zákona .....	12
<b>2 POČÁTEK VYUŽÍVÁNÍ VĚTRNÉ SÍLY.....</b>	<b>13</b>
2.1 Větrné mlýny .....	13
2.2 Větrná čerpadla .....	14
<b>3 VYNÁLEZ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY .....</b>	<b>15</b>
3.1 První evropská větrná elektrárna .....	15
3.2 Využití větrné elektrárny poprvé v praxi .....	16
3.3 Větrné elektrárny ve 20. století.....	16
3.4 Progres ve vývoji větrných elektráren .....	16
3.5 Experimenty v osmdesátých letech.....	17
<b>4 POPIS KONSTRUKCE VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN .....</b>	<b>19</b>
<b>5 POZITIVA A NEGATIVA VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN .....</b>	<b>20</b>
5.1 Pozitiva větrných elektráren .....	20
5.2 Negativa větrných elektráren .....	21
<b>6 PŘEHLED KONSTRUKČNÍCH SMĚRŮ VTE A VĚTRNÁ MAPA ČESKÉ REPUBLIKY.....</b>	<b>21</b>
6.1 Typologie větrných elektráren .....	21
6.2 Větrná mapa ČR.....	22
<b>7 POPIS VTE PCHERY A VTE VESELÍ U ODER .....</b>	<b>23</b>
7.1 Větrná elektrárna Pchery .....	23
7.2 Větrná elektrárna Veselí u Oder .....	25
<b>8 VÝKONOVÉ POMĚRY VTE PCHERY A VTE VESELÍ U ODER.....</b>	<b>27</b>
8.1 Výkony větrné elektrárny Pchery .....	27
8.1.1 Pchery – Červenec 2009 .....	27
8.1.2 Pchery – Srpen 2009 .....	29
8.2 Výkony větrné elektrárny Veselí u Oder .....	32

8.2.1	Veselí u Oder – Červenec 2009 .....	32
8.2.2	Veselí u Oder – Srpen 2009 .....	34
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>37</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>38</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>39</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>		<b>40</b>

## ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je podchycení vývoje a celkové problematiky větrných elektráren. Záměrem je vysvětlit pojem obnovitelné zdroje energie, tedy co vlastně obnovitelná energie v podstatě znamená. Pokusíme se vyjádřit její přesnou definici. Zaměříme se rovněž na počátky využívání větrné síly, osvětlíme si postupný vývoj větrných zařízení a strojů, které předcházely větrným elektrárnám a směřovaly stále blíže až k samotnému vývoji větrných elektráren.

Zamíříme také do historie a setkáme se se jménem vynálezce tohoto způsobu využití přírodních sil. Blíže popíšeme jeho postupný vývoj až po současnost. Důležité je rovněž zaměřit se na popis struktury větrných elektráren. Položíme si otázku, proč se vlastně zabýváme výrobou větrných elektráren, jaká mají vlastně pozitiva oproti například tepelným elektrárnám. Před samotným závěrem pak uvidíme typologie větrných elektráren a větrnou mapu ČR, která ukazuje intenzitu větru a větrných podmínek. V závěrečné kapitole, která je vlastně v této bakalářské práci stěžejní, se budeme zabývat už samotnými dvěma větrnými farmami instalovanými v ČR a podrobněji se seznámíme s jejich chodem a se skutečnými hodnotami výkonů, které v praxi vyrobily.

Závěr práce obsahuje celkové zhodnocení práce a v seznámech jsou uvedeny jednotlivé obrázky, grafy a tabulky uvedené v této práci.

# 1 OBNOVITELNÉ PŘÍRODNÍ ZDROJE ENERGIE

## 1.1 Definice OPZE

Za obnovitelné zdroje energie jsou označovány takové formy energie, které se primárně získávají z jaderných přeměn v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou pak teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc. Jsou čerpány ve formách solární (sluneční) energie, větrné energie, energie z vodních toků, přílivové energie, geotermální energie, biomasy. Potenciál zdrojů obnovitelné energie je nesmírný, jelikož tyto obnovitelné zdroje poskytují energii vycházející z lokálně dostupných surovin.

## 1.2 Definice OPZE dle zákona

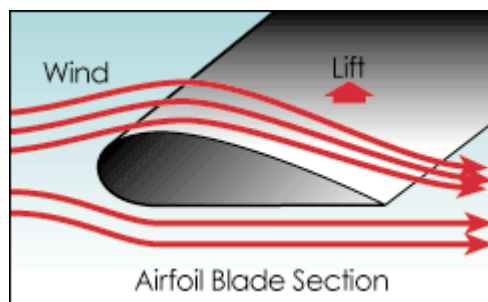
Obnovitelné zdroje definuje §7 odst. 2 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů takto: „*Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.*“

## 2 POČÁTEK VYUŽÍVÁNÍ VĚTRNÉ SÍLY

Na počátku větrných elektráren stály větrné mlýny a větrná čerpadla. Historie využívání větru k mechanické práci sahá do dob, kdy vítr poháněl primitivní plachetnice přírodních národů a na souši otáčel i rotory prvních větrných mlýnů. Mechanický energetický výkon průměrného větrného mlýnu z posledního období jejich reálného využívání (první polovina devatenáctého století) činil kolem 20 kW.<sup>[1]</sup>

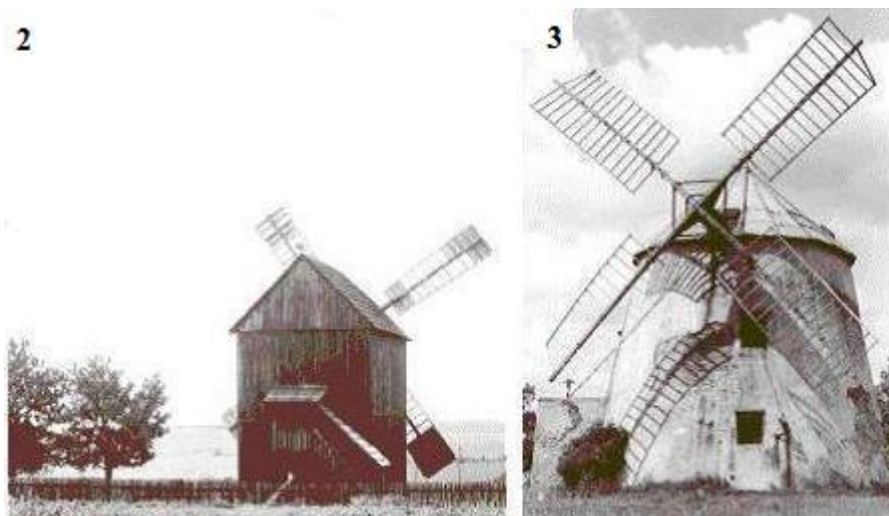
### 2.1 Větrné mlýny

I když klasické větrné mlýny nevyráběly elektrickou energii, je na místě zmínit se o nich především z hlediska základního principu přeměny síly větru v mechanickou práci a z hlediska způsobů regulace chodu těchto zařízení. Zatímco větrné mlýny využívaly tlak větru na plochu křídel nebo lopatek, větrné elektrárny oproti tomu využívají aerodynamických vlastností přesně definovaných profilů křídel. (obr. 1) Obtékání vzduchu okolo listů rotoru elektrárny způsobí vztlak, díky vztlaku dochází k rotačnímu pohybu rotoru.



**obrázek 1** Obtékání vzduchu okolo listů rotoru

Větrné mlýny se proti větru natáčely celé (tzv. sloupové větrné mlýny – obr. 2), popřípadě se natáčela jen jejich střešní část s křídly (tzv. holandské mlýny – obr. 3). Natáčení bylo ovládáno pomocí jednoduchých vnějších nebo vnitřních mechanismů ručně, pouze v poslední etapě jejich existence byly holandské mlýny vybaveny i automatickým natáčením střešní části. Výkon větrných mlýnů byl regulován přidáváním nebo ubíráním výplně křídel. U větrných elektráren se proti větru natáčí gondola se strojovnou i křídly a u některých typů je provoz regulován i natáčením křídel podle jejich podélné osy.<sup>[1]</sup>

*obrázek 2 Sloupový větrný mlýn**obrázek 3 Holandský větrný mlýn*

## 2.2 Větrná čerpadla

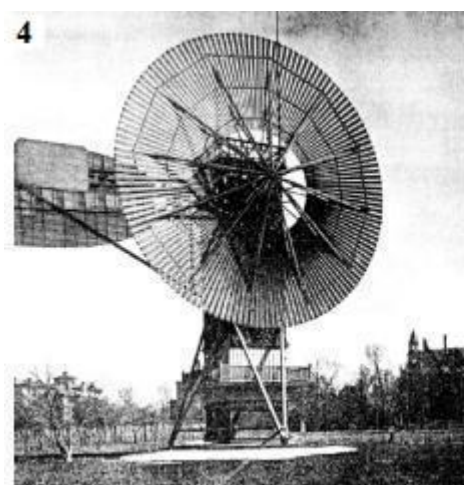
Zajímavou a dosud neuzavřenou kapitolou využívání větrné energie k mechanické práci jsou větrná čerpadla. Měla zpravidla podobu mnohalopátkových, nejdříve dřevěných a později ocelových větrných kol. Typická jsou pro Severní Ameriku, ale až do 20. let dvacátého století je vyráběla rovněž firma Kunz v Hranicích. Jako technické památky se dodnes některá dochovala i u nás. I tyto stroje znamenaly jistý stupeň vývoje směřujícího ke konstrukci větrných elektráren.<sup>[1]</sup>

### 3 VYNÁLEZ VĚTRNÉ ELEKTRÁRNY

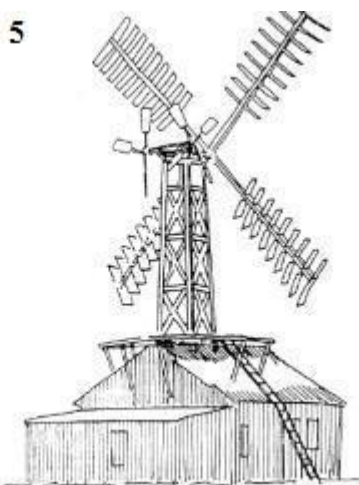
Vynálezcem větrné elektrárny se stal Američan Charles Francis Brush (1849–1929), který na přelomu let 1887 a 1888 sestrojil první automatickou větrnou turbínu napojenou na generátor elektrického proudu. Rotor elektrárny měl průměr 17 m a skládal se ze 144 paprskovitě uspořádaných lopatek z cedrového dřeva (obr. 4). Výkon generátoru při otáčkách  $500 \text{ min}^{-1}$  byl 12 kW. O tomto stroji, jenž byl postaven v Clevelandu (stát Ohio), pojednával článek v odborném časopise Scientific American ve svém vydání z 20. prosince 1890. Elektrárna byla technologicky i výkonem dokonalejší než elektrárna v dánském Askově postavená o tři roky později.<sup>[1]</sup>

#### 3.1 První evropská větrná elektrárna

Evropské prvenství v konstrukci větrných elektráren patří profesoru lidové univerzity v Dánsku Poulu la Courovi (1846–1908). Ten zde od roku 1878 vyučoval matematiku, fyziku a chemii. Roku 1891 sestrojil první větrnou elektrárnu se čtyřmi až šesti „křídly“ tvořenými plachtami napnutými na rámové konstrukci, která se podobala klasickému větrnému mlýnu (obr. 5). Pro zkoušení modelů větrných motorů si vynálezce postavil i první zkušební větrný tunel, jehož kompresor byl poháněn parním strojem.



**obrázek 4** První větrná elektrárna na světě



**obrázek 5** První větrná elektrárna v Evropě



**obrázek 6** Obálka prvního časopisu o větrné energetice z roku 1904

V Askově také vznikl pravděpodobně první časopis s tematikou využívání větrné energie na světě. Roku 1904 Poul la Cour vydal první číslo Journal of Wind Electricity (obr. 6).<sup>[1]</sup>

### 3.2 Využití větrné elektrárny poprvé v praxi

Měřítkem užitečnosti každé inovace i vynálezu je jeho úspěšné využití v praxi. Větrné elektrárně se tohoto nejobjektivnějšího osvědčení dostalo v evropském měřítku pouhé dva roky poté, kdy byl v Dánsku sestrojen prototyp. Roku 1893 totiž z Norska vyplul na svou legendární tříletou výzkumnou plavbu do oblasti Arktidy nositel Nobelovy ceny za mír Fridtjof Wedel-Jarlsberg Nansen (1861-1930) se svou čtyřsettunovou lodí Fram.

Výzbroj byla přizpůsobena předpokládanému driftu Framu sevřeného ledovými krami v oblasti centrální Arktidy a rovněž několikerým přezimováním v nehostinné krajině. Fram byl kromě jiného, což bylo k dlouhodobému přežití v polární oblasti nezbytné, vybaven i malou větrnou elektrárnou. Doklady oné skutečnosti nalézáme při prohlídce lodi v muzeu Kon-Tiki v norském hlavním městě Oslo. Elektrický výkon větrného pohonu dynama na lodi Fram lze odhadovat na stovky wattů. <sup>[1]</sup>

### 3.3 Větrné elektrárny ve 20. století

Začátkem dvacátého století už byly s prvními větrnými elektrárnami jisté zkušenosti. Již v prvních desetiletích dvacátého století se uvažovalo o možnostech a podobách zařízení využívajícího větrnou energii k pohonu elektrických dynam a generátorů i pro vyšší výkony a o tom, jakým směrem se bude konstrukce větrných elektráren dále vyvíjet.

Polovina sedmdesátých let 20. století přinesla energeticky náročné industriální společnosti velký otřes. Byla omezena těžba a byl vyvolán nezadržitelný růst cen ropy. Evropa začala přemýšlet o jiných zdrojích energie. <sup>[1]</sup>

### 3.4 Progres ve vývoji větrných elektráren

V historii techniky se těžce hledá případ, kdy některý produkt skokově překoná vše, co je v dané době běžné až o stovky procent. Výjimkou je větrná elektrárna, kterou v letech 1975 až 1977 postavili studenti a učitelé střední školy v obci Tvinde (nedaleko Ulfborgu na západním pobřeží Jutského poloostrova v Dánsku).

Stavba tehdy největšího větrného mlýna světa byla velkým skokem ve vývoji větrných elektráren a stala se především silným argumentem pro využívání jejích možností. Na betonové věži výšky 53 m byla umístěna strojojna se třemi lopatkami o délce 27 m (obr.7). Instalovaný výkon elektrárny je 2 MW. Pro možnosti místní sítě, k níž je elektrárna připojena, však musel být omezen na 960 kW. Polovina výkonu elektrárny je přímo využívána k ohřevu vody pro potřeby areálu školy. Do sítě elektrárna ročně dodává 600 až 700 MW·h elektrické energie. Tato historická a unikátní elektrárna má za sebou již 28 let provozu, během nichž nenastaly závažné problémy.



Roku 1993 byly vyměněny původní listy rotoru za modernější s účinnějším profilem. Převodovka i generátor jsou z 50. let, hlavní osa původně poháněla lodní šroub, gondola byla svařena z ocelových plátů na místě stavby.<sup>[1]</sup>



*obrázek 7 VTE z roku 1975 s instalovaným výkonem 2MW*

### 3.5 Experimenty v osmdesátých letech

V průběhu 80. let 20. století výkony sériově vyráběných větrných elektráren postupně rostly. V období let 1980-1985 to byly desítky kilowattů, okolo roku 1990 stovky kilowattů a koncem 90. let dosáhly hranice megawattu. I v tomto období se však vyskytly experimenty, jejichž výsledky překonávaly běžnou komerční produkci a testovaly možné hranice těchto zařízení, které jsou dány objektivními technickými možnostmi a přírodními limity, ale i aktuálním stupněm vývoje konstrukčních materiálů a elektronických systémů regulace chodu elektrárny, přičemž cílem je maximální využití větrné energie a dosažení její stabilní kvality pro dodávku do sítě.

Jedním z výrazných experimentů v oboru větrných elektráren byla koncem 80. let i stavba větrné elektrárny o výkonu 3 MW v jižním Švédsku u osady Maglarp (nedaleko Malmö). Komponenty elektrárny Wind Turbine Systém 3 (WTS-3) byly vyrobeny v loděnicích v Karlskroně, listy rotoru pocházely z USA. Stožár v podobě ocelové roury měl délku 77 m, průměr 3,9 m a hmotnost 281 t. Strojovna byla vyrobena o rozměrech  $5 \times 5 \times 14$  m a o hmotnosti 171 t. Její součástí se staly dva listy rotoru o délce 38 m, každý o hmotnosti 14 t. Ocelová věž elektrárny (obr. 8) byla vztyčena na základech o průměru 21 m, na něž bylo zapotřebí 1 600 t betonu a desítky tun ocelové armatury.

Montáž celého zařízení, při které byla portálovým jeřábem zdvižena kompletní gondola se strojovnou a listy rotoru s hmotností více než 300 t do výšky 80 m, byla sama o sobě technicky jedinečná. Elektrárna dodávala na stanovišti s průměrnou rychlostí větru ve výšce osy rotoru

$7,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  při 6 500 h provozu ročně až  $8 \text{ GW}\cdot\text{h}$  elektrické energie. Tato kusově vyrobená elektrárna splnila svoji úlohu experimentu a poté byla demontována.



*obrázek 8 Pohled na gondolu větrné elektrárny u Maglarpu*

Koncem dvacátého století překonaly komerčně vyráběné a provozované větrné elektrárny hranici výkonu 1 MW na jednom stožáru a v současnosti největší zařízení tohoto druhu jsou postavena v Německu – větrná elektrárna Enercon u Magdeburku o výkonu 4,5 MW a Repower u Bremenshavenu o výkonu 5 MW. V posledních letech jsou nejvýkonnější elektrárny stavěny i na mořských mělčinách ve skupinách po desítkách strojů. Vedoucí zemí ve vývoji v tomto směru stále zůstává Dánsko, následované Německem a Nizozemím. <sup>[1]</sup>

## **4 POPIS KONSTRUKCE VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN**

Základní konstrukce - tubus větrné elektrárny musí být tak vysoký, aby vynesl větrnou turbínu nad přízemní pásmo větrných turbulencí, a dostatečně pevný, aby odolal hmotnosti celého soustrojí a silám vznikajícím vlivem větrného proudění. Obecně platí, že výška stožáru a průměr rotoru zásadním způsobem ovlivňují dosažitelnou účinnost větrné elektrárny.

Hlavice (gondola) obsahuje převodovou skříň – rychlost otáček vrtule 8 až 17 ot/min. není dostatečná pro výrobu elektrického proudu, a musí se proto pro pohon elektrického generátoru zvýšit na více než 1500 ot/min. Alternativu představují tzv. bezpřevodkové stroje, které využívají pomaloběžný mnohápólový generátor a převodovku tudíž nepotřebují. Dále hlavice obsahuje generátor, ložiska, systém natáčení a řídicí systém. Mezi gondolou a tubusem je nainstalováno tlumení, které zabraňuje přenosu vibrací.

Energeticky využitelný je vítr o rychlosti 4 až 26 m/s (tj. 15 až 95 km/h). Pomocí fyzikálních rovnic lze vypočítat, že získaný výkon je úměrný třetí mocnině rychlosti větru. Při vyšší rychlosti větru než 26 m/s se větrná elektrárna z bezpečnostních důvodů automaticky zastavuje. V takovém případě se rotor zabrzdí a lopatky se nastaví vůči větru nejužším profilem.

Moderní větrné elektrárny bývají osazeny dvojlistými nebo třílistými vrtulemi s průměrem 80 – 100 m. Jmenovitého výkonu okolo 2 – 3 MW dosahují při rychlostech větru kolem 13 m/s, tzv. startovací rychlost větru je 3 m/s. <sup>[3]</sup>

## 5 POZITIVA A NEGATIVA VĚTRNÝCH ELEKTRÁREN

### 5.1 Pozitiva větrných elektráren

Jedná se o obnovitelný zdroj energie s nulovou produkcí CO<sub>2</sub> (nevyužívá spalovací proces) neohrožující exhaláty zdraví obyvatelstva, neboť má nulovou produkci SO<sub>2</sub>, prachu a popílků. Pro jeho provoz není potřebná voda a odkalovací nádrž, neprodukuje jaderný odpad.

Jediná moderní větrná elektrárna o výkonu 2 MW ročně vyrobí v průměru 4 430 MWh elektřiny, což představuje roční spotřebu 1265 domácností, tj. asi 3200 osob. Větrné elektrárny v České republice v roce 2008 vyrobily 244 GWh elektrické energie, což odpovídá spotřebě 69 700 domácností, tj. 174 300 osob. 244 GWh by bylo možno vyrobit spálením 244 000 tun uhlí, čímž se vyprodukuje 245 000 tun CO<sub>2</sub>.

- Větrné elektrárny disponují krátkou návratností energie využité při jejich výrobě a instalaci (dle výrobců 3 – 6 měsíců).
- Větrné elektrárny využívají domácí energetické zdroje, čímž přispívají k nižší energetické závislosti na zahraničí, a zvyšují tak energetickou bezpečnost naší země.
- Větrné elektrárny mají minimální nároky na zábor zemědělského půdního fondu v poměru na MW instalovaného výkonu.
- Moderní stroje při správném projektování splňují veškeré hygienické limity.
- V podmínkách ČR se jedná o zdroj s největším potenciálem k výraznému zvýšení podílu vyrobené energie z OZE ve vztahu k požadavkům Evropské Unie.
- U moderních typů větrných elektráren je dosahována relativně vysoká využitelnost potenciálu lokality blížící se využitelnosti energie ve starších uhelných elektrárnách.
- Větrné elektrárny mají relativně jednoduchou montáž a demontáž, po skončení životnosti lokalita zůstává prakticky nedotčena.
- V rozsahu, který je v ČR reálný, nevyžadují větrné elektrárny zvláštní zálohování, vystačí zálohy pro ostatní zdroje.
- Větrné elektrárny mají nízké náklady na likvidaci, cena získaných surovin je vyšší než tyto náklady.

Po dobu životnosti větrné elektrárny její provozovatel finančně přispívá obci, v jejímž k.ú. je projekt umístěn, a podporuje tak rozvoj dané obce. <sup>[5]</sup>

## 5.2 Negativa větrných elektráren

Větrné elektrárny mají také své negativa, která jsou často důvodem nepovolení stavby. Mezi hlavní vytýkané negativní vlivy patří:

- Rušení signálů TV, Wifi, GSM
- Pokles cen nemovitostí
- Stroboskopický efekt
- Ohrožování ptactva
- Odlétávání námrazy z lopatek vrtulí

*tabulka 1 Seznam výrobců dle instalovaného výkonu v ČR*

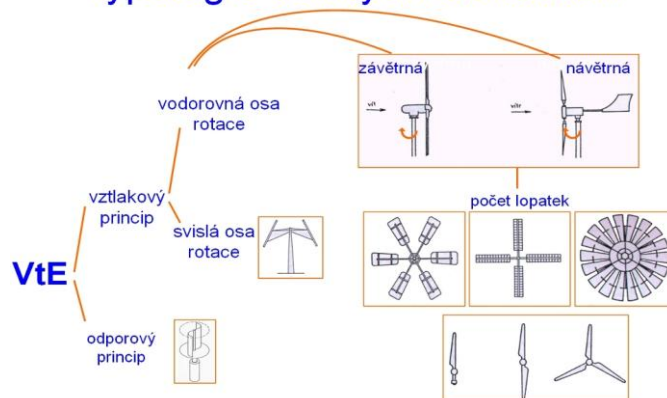
Seznam výrobců podle instalovaného výkonu v ČR	
Vestas	62,95 MW
Enercon	61,86 MW
REpower	18 MW
DeWind	16,95 MW
Nordex	12,85 MW
Tacke	6,6 MW
WinWind	6 MW
Wikov	4 MW
Fuhrlander	1,35 MW

## 6 PŘEHLED KONSTRUKČNÍCH SMĚRŮ VTE A VĚTRNÁ MAPA ČESKÉ REPUBLIKY

### 6.1 Typologie větrných elektráren

Na obr. 9 je znázorněn přehled druhů větrných elektráren. Existují dva základní principy, na jakých větrná elektrárna může pracovat. Je to **odporový princip**, ten je u nás ale i ve světě málo užívaný, a **vztlačový princip**, který může být se svislou osou rotace nebo s vodorovnou osou rotace. Ta se jsou navíc buď závětrná, nebo návětrná a mohou také mít různý počet lopatek. <sup>[6]</sup>

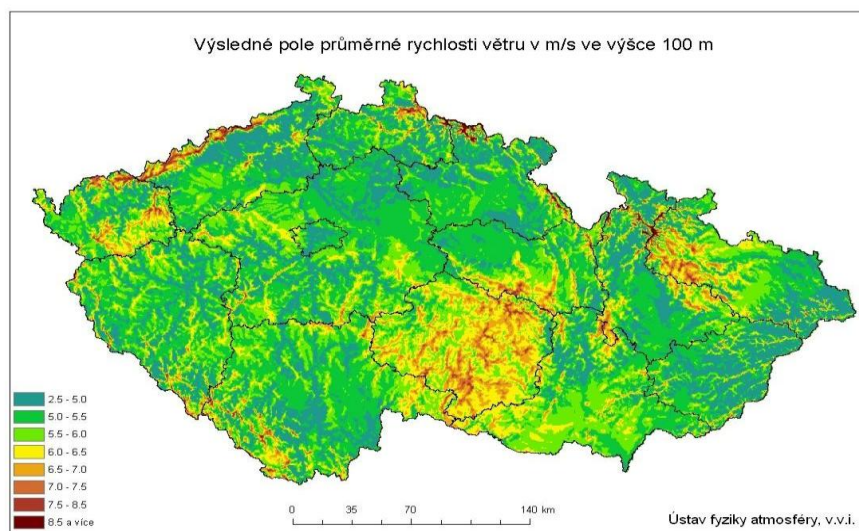
## Typologie větrných elektráren



obrázek 9 Představa o základních konstrukčních směrech větrných elektráren

## 6.2 Větrná mapa ČR

Větrné elektrárny se umísťují zejména v lokalitách, kde vyhovují různým požadavkům, jako například odboru životního prostředí, musí být schváleno územní rozhodnutí, musí být souhlas obce nebo města, kde se plánuje výstavba ať už větrného parku, nebo jen samotné větrné elektrárny, musí být pozičně vhodná pro připojení do elektrizační soustavy, zároveň ale musí především být umístěna tam, kde je předpoklad, že bude foukat v dostatečné míře a čase vítr. K tomu slouží vypracovaná takzvaná větrná mapa ČR (obr. 10) <sup>[4]</sup>



obrázek 10 Větrná mapa Česka

## 7 POPIS VTE PCHERY A VTE VESELÍ U ODER

K tomu, abychom vůbec mohli zjistit, jak skutečně elektrárny elektřinu vyrábějí, musíme mít nějakou databázi naměřených hodnot. K tomuto účelu na větrných elektrárnách Pchery byla a ve Veselí u Oder stále ještě jsou prováděna měření. Měřeny jsou hodnoty činného a jalového výkonu, které nám slouží k porovnání a k celkovému zjištění skutečné reality výroby elektřiny v této elektrárně. Měření jsou prováděna pomocí síťového analyzátoru BK – ELCOM typu ENA330 a ENA500. K analýze jsme vzali pouze dva měsíce červenec a srpen, které se u obou elektráren navzájem kryjí, tento vzorek dat nám však k našemu základnímu vyhodnocení a vyobrazení situace postačí.

Hodnoty, které byly měřeny a ukládány každou minutu jsem zprůměroval na každých deset minut a s touto novou databází jsem pak pracoval a z ní jsem získával veškerá data pro moje porovnávání a kresby grafů. Veškeré výpočty, počty a kresby grafů atp. byly samozřejmě prováděny pomocí počítače v programu Microsoft Excel.

### 7.1 Větrná elektrárna Pchery

Tato větrná elektrárna s největším instalovaným jednotkovým výkonem v ČR se nachází v katastru obce Pchery na Kladensku. V dubnu 2008 začaly v testovacím režimu vyrábět elektřinu a dodávat energii do distribuční sítě. Projekt dosáhl celkové investice 190 milionů korun, v obci Pchery zahrnuje dvě větrné elektrárny, každá z nich má instalovaný výkon 3 MW.

Větrné elektrárny v Pcherech jako první v ČR používají rotor o průměru 100 metrů. Tyto VTE využívají technologii WinWinD - WWD3. Tato špičková finská technologie se systémem Multibrid je vybavena automatickým řídicím systémem, který kontroluje generátor a síť. Tímto způsobem optimalizuje výrobu energie podle aktuálních větrných podmínek. Díky unikátní konstrukce listů vrtule a kontrole jejich natáčení dosahuje turbína velmi vysoké účinnosti.

Výška osy rotoru, tedy výška stožáru, dosahuje 88 metrů. Dodavatel těchto větrných elektráren je společnost ČKD Blansko Wind. <sup>[8]</sup>

Výrobce technologie, výše zmiňovaná finská společnost WinWinD, zaujímá třetí místo mezi světovými výrobci v dodávkách větrných elektráren s výkonem nad 2,5 MW. Od roku 2004 bylo v Evropě instalováno již celkem 20 turbín tohoto typu. Z provozu této technologie je již nyní ověřena jejich vysoká spolehlivost a efektivita.

tabulka 2 Základní popis VTE Pchery

<b>Lokalita:</b>	Obec Pchery, Kladno
<b>Instalovaný výkon:</b>	2 x 3 MW
<b>Technologie:</b>	WinWinD - WWD3
<b>Průměr rotoru:</b>	100m
<b>Výška osy rotoru:</b>	88m
<b>Průměr věže:</b>	min. 3m, max. 4,65m
<b>Plánovaná výtěžnost větrného parku:</b>	11 GWh/rok
<b>Termín zprovoznění:</b>	Duben 2008



obrázek 11 Fotografie z cesty vedoucí kolem VTE Pchery

Lokalita Pchery má z geografických důvodů velmi dobré podmínky a předpoklady potřebné pro úspěšnou realizaci projektu větrné elektrárny. Podstatným faktorem pro výběr lokality bylo také bezproblémové vyvedení výkonu z větrné elektrárny do distribuční sítě.

Jedná se o větrné elektrárny s největším jednotkovým výkonem v ČR. Každá z nich má instalovaný výkon 3 MW. Osa rotoru elektrárny je ve výšce 88 metrů. Rotor s listy má průměr 100 metrů. Větrná elektrárna tak dosahuje do výšky téměř 140 metrů. Obě elektrárny jsou stejného typu a mají stejné rozměry i ostatní parametry.<sup>[7]</sup>

Větrná elektrárna Pchery používá technologii WinWinD, který tvoří 1-st planetová převodovka Multibrid a pomaloběžný generátor s permanentními magnety. Rotor tvoří unikátní 50metrové listy, díky kterým je elektrárna určena především pro vnitrozemské lokality s průměrnými větrnými podmínkami. Jmenovitý výkon 3 MW je dosahován již při rychlosti větru



12,5 m/s. Odlišností větrné elektrárny WinWinD je především konstrukce věže, kterou na rozdíl od jiných tvoří tři válcové tubusy s konstantním průměrem 4,65 m a až poslední díl je kónický zužující se na průměr 3 m pro usazení otočné části gondoly. Odlišnost konstrukce věže je dána především velkou hmotností strojovny, která je cca 123 tun a rozměry  $14 \times 4,5 \times 4,5$  metry. Rotor tvořený nábojem a třemi listy váží dalších cca 66 tun, věž tedy musí unést necelých 200 tun.

Předpokládaná výtěžnost větrného parku je ročně celkem zhruba 11 - 13 GWh elektřiny. Tolik elektřiny by mohlo pokrýt roční spotřebu až 5 tisíc průměrných domácností. Celková výroba elektřiny v dané lokalitě je však samozřejmě závislá na konkrétních větrných podmínkách. Byla zde prováděna měření, která nepřetržitě probíhala čtyři měsíce. Po této době bylo měření ukončeno. Níže jsou data ze dvou měsíců dále zpracované a popsány.

## 7.2 Větrná elektrárna Veselí u Oder

Tato VTE disponuje technologií VESTAS V90-2.0 MW, má poloměr rotoru 45 m. Listy rotoru jsou vyrobeny z epoxidové pryskyřice vyztužené skelným vláknem. Každý list rotoru se skládá ze dvou polovin, které obklopují nosnou traverzu. Rotor je vybaven systémem OptiSpeed. To umožňuje provozování zařízení s optimálním počtem otáček a tím dosahování optimalizovaného výkonu. Pomocí systému OptiSpeed může rotor pracovat s variabilním počtem otáček. Jde o pomaloběžný stroj s otáčkami v rozmezí 8 – 17 ot/min. Zapínací rychlost větru je 4 m/s, průměrná pracovní rychlost je 13 m/s, vypínací (maximální) rychlost větru je 25 m/s. Po překročení této rychlosti dojde k automatickému zabrzdění a odstavení stroje.

Hlavní hřídel přenáší energii přes převod na generátor. U převodu se jedná o kombinaci planetového a čelního ozubeného převodu se šikmým ozubením. Generátor zařízení je čtyřpólový asynchronní generátor s kroužkovým rotorem.

Větrná elektrárna je vybavena brzdovým systémem, který rotaci v případě potřeby zastaví. Tento systém se stará o plné zastavení listů rotoru a je aktivována hydraulická brzda.

Parkovací brzda se nachází na vysokorychlostním hřídeli převodu. Všechny funkce větrné elektrárny jsou kontrolovány a regulovány mikroprocesorem regulovanou řídicí jednotkou. Řídicí systém je vybaven celou řadou senzorů, aby byla zajištěna bezpečnost a optimální provoz zařízení.

Kryt strojovny vyrobený z plastu vyztuženého skelným vláknem chrání veškeré komponenty uvnitř strojovny před deštěm, sněhem, prachem, slunečním zářením atd. Centrálně umístěný otvor umožňuje přístup z věže do strojovny.

tabulka 3 Základní popis VTE Veselí u Oder

<b>Lokalita:</b>	Veselí u Oder
<b>Instalovaný výkon:</b>	2 x 2 MW
<b>Technologie:</b>	Vestas V90 2MW
<b>Průměr rotoru:</b>	90m
<b>Výška osy rotoru:</b>	80m
<b>Průměr věže:</b>	3m až 4,5m
<b>Plánovaná výtěžnost větrného parku:</b>	7 GWh/rok
<b>Termín zprovoznění:</b>	2007



obrázek 12 Fotografie z cesty vedoucí mezi VTE Veselí u Oder



obrázek 13 Fotografie VTE Veselí u Oder z nedalekého kopce

## 8 VÝKONOVÉ POMĚRY VTE PCHERY A VTE VESELÍ U ODER

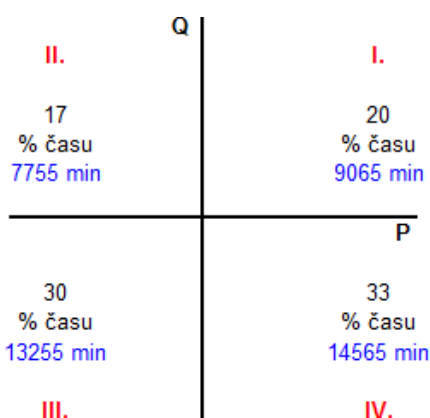
### 8.1 Výkony větrné elektrárny Pchery

V této bakalářské práci jsem porovnával výkony v generátorickém režimu, to znamená, že jsem se zabýval výkony, které VTE vyrábí, nikoli spotřebovává. Tato VTE Pchery je díky instalovanému výkonu 3MW, což je největší instalovaný jednotkový výkon v České republice, teoreticky schopna vyrobit za jeden měsíc provozu při ideálních přírodních podmínek, elektrickou energii o velikosti 2232kWh.

#### 8.1.1 Pchery – Červenec 2009

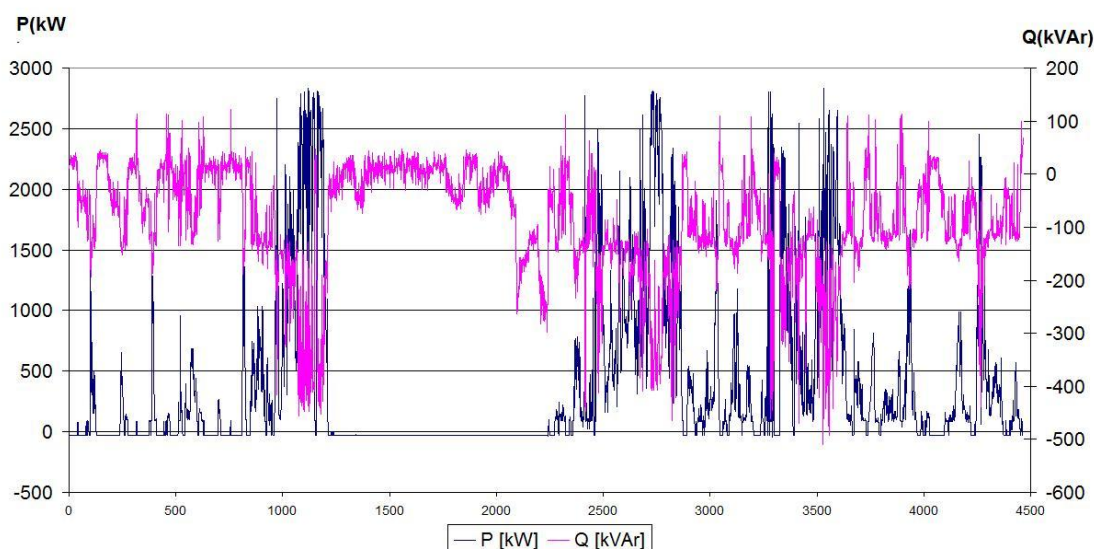
V červenci pracovala elektrárna v tomto generátorickém režimu dohromady 24940 minut (přes 17 dnů). Takovou dobu do sítě činný výkon dodávala, během této doby vyrobila 285,445MWh. Tedy koeficient využitelnosti je 12,8%. Koeficient využitelnosti je veličina, která přesně charakterizuje výrobu VTE. Maximální okamžitý činný výkon byl 2820kW, VTE tedy nedosáhla jmenovité hodnoty výkonu v červenci ani jednou.

Na obrázku 14 máme znázorněný PQ diagram, ze kterého je zřejmé, jakou dobu elektrárna pracovala v té které části kvadrantu. První kvadrant znázorňuje hodnoty, kdy VTE dodává činný i jalový výkon do sítě, druhý kvadrant znázorňuje hodnoty, kdy elektrárna dodává jalový výkon, ale spotřebovává činnou energii, třetí kvadrant znázorňuje hodnoty, kdy VTE spotřebovává jak činnou tak jalovou energii. Převážná část 33% je doba, kterou znázorňuje čtvrtý kvadrant, to je, když elektrárna dodává činný výkon do sítě, ale spotřebovává jalovou energii. Z grafu je zřejmé, že ze dvou třetin času, respektive 63% času, elektrárna jalovou energii spotřebovává.



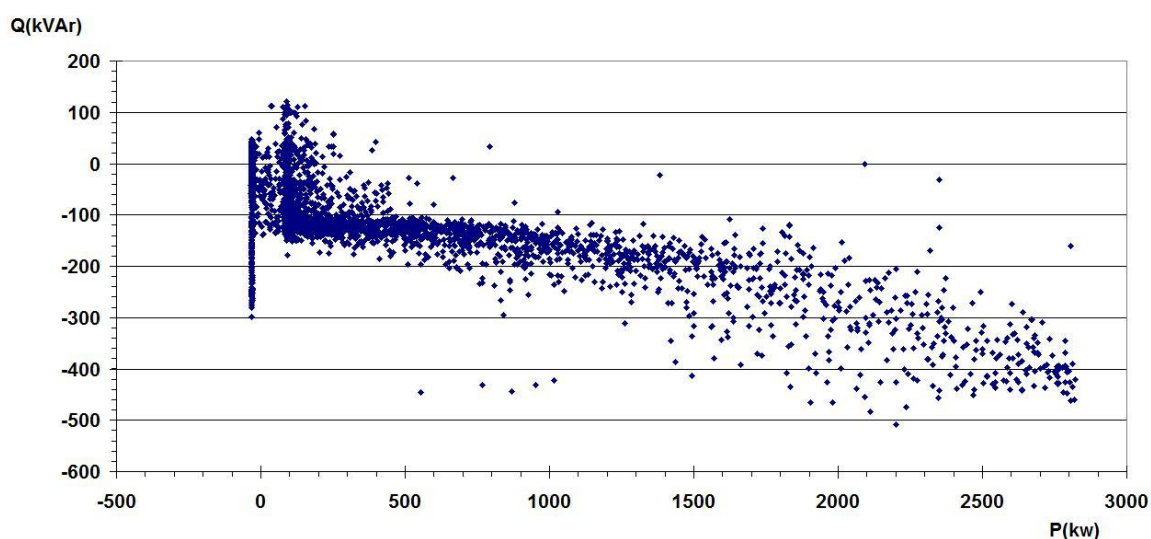
obrázek 14 PQ diagram, červenec VTE Pchery

Na obrázku 15 vidíme na modrých bodech hodnot činného výkonu, že v době od 9.7.2009 do 16.7.2009 elektrárna činný výkon nevyráběla. V tomto případě to bylo způsobeno špatnými větrnými podmínkami, elektrárna nebyla schopna vyrábět elektrickou energii. Naopak je vidět, že velmi dobré podmínky byly v obdobích od 7.7.2009 do 9.7.2009 a 17.7.2009 do 26.7.2009. Ve zbývajícím období se vyrobená energie pohybovala v průměrných hodnotách daného měsíce.



obrázek 15 Činný a jalový výkon v červenci VTE Pchery

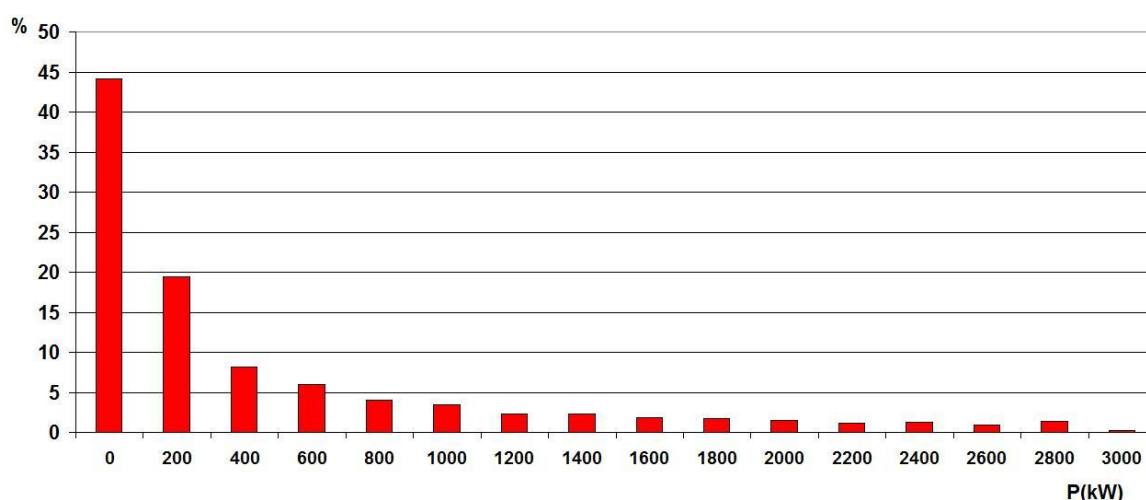
V následujícím obrázku 16 vidíme, v jakých hodnotách se výkony pohybovaly nejčastěji, je to v oblasti nejhustěji pokrytými modrými body, tj. v oblasti  $-150\text{kVAr}$  až  $50\text{kVAr}$  a  $0$  až  $700\text{kW}$ .



obrázek 16 Bodový graf činných a jalových výkonů v červenci VTE Pchery

Činný výkon, který nás zajímá u elektráren nejvíce, máme porovnán na obrázku 17, tedy v sloupcovém grafu, kde každý sloupec zastupuje jednotlivé procentuální četnosti hladin výkonů od 0 až po instalovaný výkon 3MW. Z toho přesně vidíme, že téměř z poloviny, respektive ze 44% času elektrárna nedodávala do sítě žádný výkon nebo naopak ze sítě brala pro vlastní spotřebu.

Dále pak vidíme, že vyráběný výkon větší než 0W do 200kW byl po dobu jedné pětiny měsíce, tedy 20%. Tato hodnota není nijak vysoká, uvědomíme-li si, že instalovaný výkon je 3MW, to znamená že tuto dobu je využito pouze 7% instalovaného výkonu. V rozmezí 200kW až 400kW je to přes 8% a 400kW až 600kW je to 6%. Další hodnoty s rostoucím výkonem jsou od 4% a stále klesají.



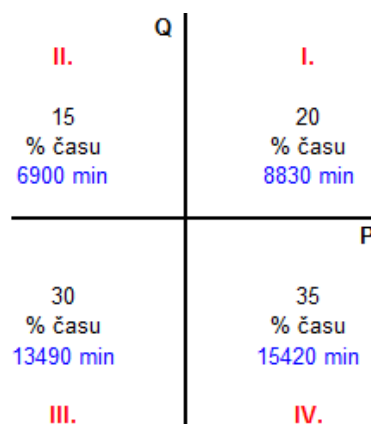
obrázek 17 Činný výkon v červenci VTE Pchery v % jednotlivých hladin výkonů

### 8.1.2 Pchery – Srpen 2009

V následujícím měsíci srpnu 2009 jsou hodnoty měření velmi podobné červenci. Jak je již výše napsáno, tato VTE Pchery je díky instalovanému výkonu 3MW teoreticky schopna vyrobit za jeden měsíc provozu elektrickou energii o velikosti přes 2,2GWh (2232MWh).

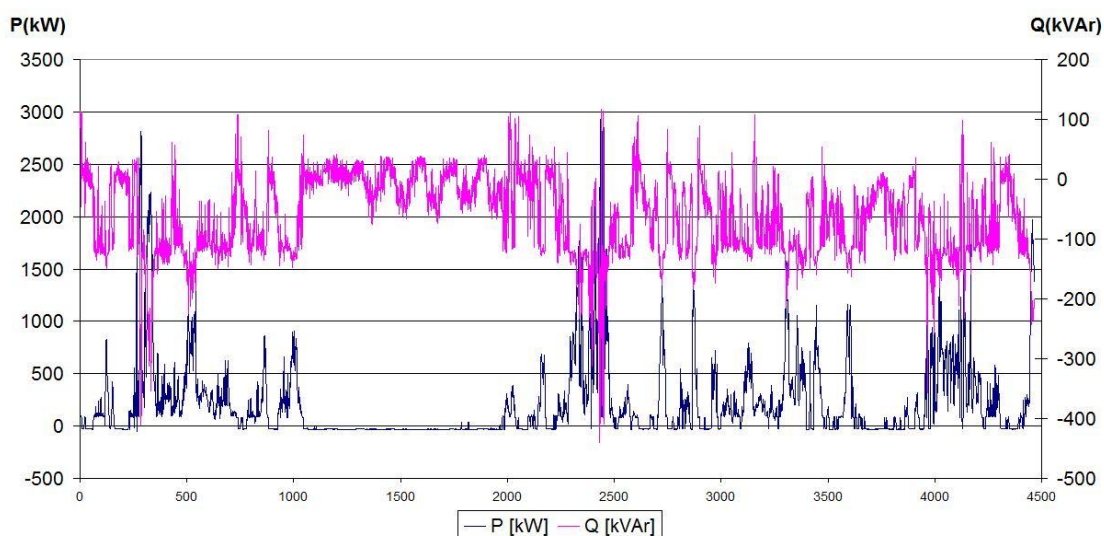
V srpnu pracovala elektrárna v generátorickém režimu dohromady 26180 minut (přes 18 dnů). Tuto dobu do sítě dodávala činný výkon, během níž vyrobila 157,446MWh. Tedy z maximálního množství energie, kterou mohla vyrobit, je to 7,1%. Maximální okamžitý činný výkon byl 2847kW, svůj maximální instalovaný výkon tedy v průběhu července nevyužil na 100 procent taky ani jednou.

Na obrázku 18 je PQ diagram, ze kterého je zřejmé, že ze dvou třetin času (65% času), byla jalová složka výkonu záporná. Činný výkon byl kladný, tedy elektrárna neodebírala na svou spotřebu ze sítě elektrickou energii, po dobu větší poloviny měsíce, tedy 55%.



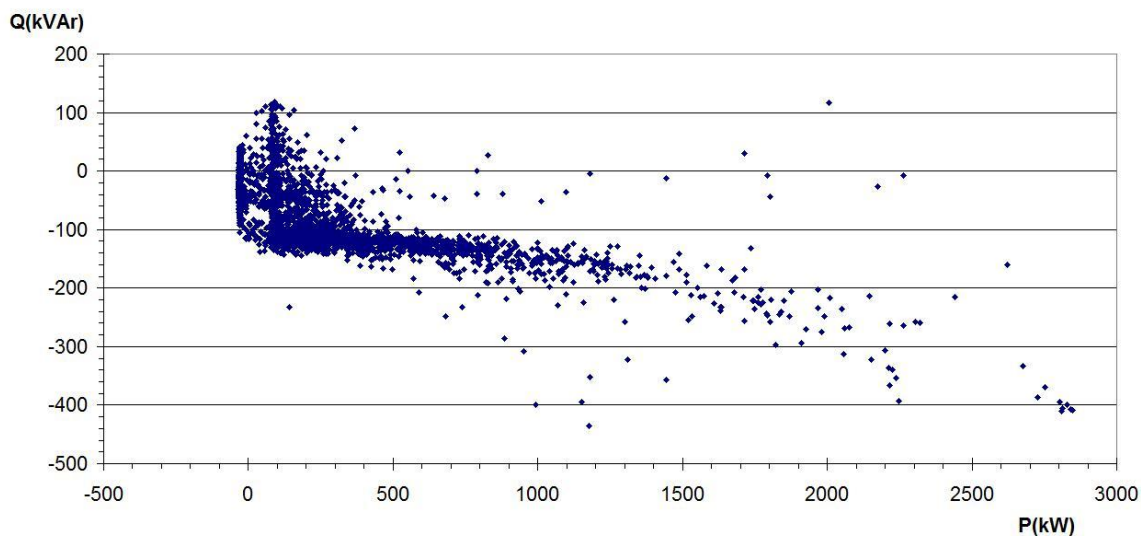
obrázek 18 PQ diagram, srpen VTE Pchery

Na obrázku 19 je vidět na modrých bodech hodnot činného výkonu, že elektrárna nevyráběla činný výkon pouze v době od 8.8.2009 do 13.8.2009. V tomto případě, stejně jako v předchozím měsíci, byl důvod špatných větrných podmínek, elektrárna nebyla schopna vyrábět elektrickou energii. Naopak je vidět, že velmi dobré podmínky byly v obdobích od 2.8.2009 do 4.8.2009 a 16.8.2009 do 18.8.2009. Ve zbývajícím období se vyrobená energie pohybovala v průměrných hodnotách daného měsíce.



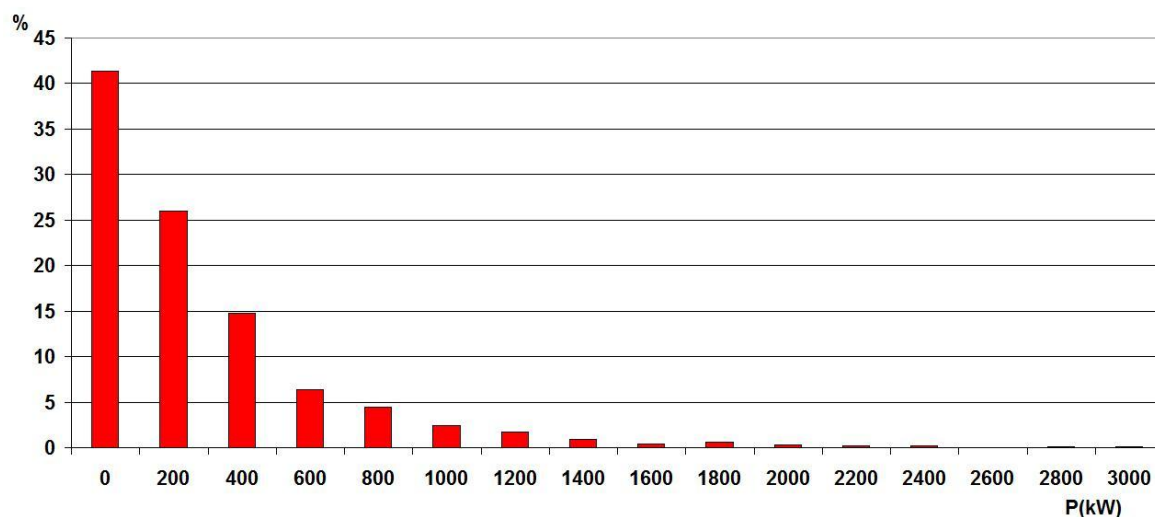
obrázek 19 Činný a jalový výkon v srpnu VTE Pchery

Na následujícím obrázku 20 je vidět, v jakých hodnotách se výkony pohybovaly nejčastěji, je to v oblasti nejhustěji pokrytými modrými body, tj. v oblasti  $-150\text{kVar}$  až  $100\text{kVar}$  a  $0$  až  $800\text{kW}$ .



**obrázek 20** Bodový graf činných a jalových výkonů v srpnu VTE Pchery

Činný výkon máme porovnán na obrázku 21 ve sloupcovém grafu. Z něj je zřejmé, že téměř 42% času elektrárna nedodávala do sítě žádný výkon nebo naopak ze sítě brala pro vlastní spotřebu. Dále pak vidíme, že vyráběný výkon větší než 0W do 200kW byl po dobu jedné čtvrtiny měsíce, tedy 26%. Tato hodnota je oproti předchozího měsíce mírně vyšší. To znamená, že čtvrtinu měsíce srpna je využito pouze 7% instalovaného výkonu. V rozmezí 200kW až 400kW je to 15%, což je hodnota velmi dobrá a 400kW až 600kW je to přes 6%. Výroba elektrické energie v rozmezí hodnot 600kW až 800kW je to necelých 5%. Další hodnoty s rostoucím výkonem lineárně klesají. Svůj maximální instalovaný výkon byl využit jen z části 0,13% celkového času.



**obrázek 21** Činný výkon v srpnu VTE Pchery v % jednotlivých hladin výkonů



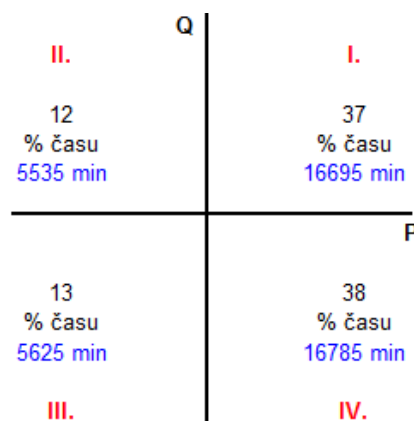
## 8.2 Výkony větrné elektrárny Veselí u Oder

Druhá větrná elektrárna, u které jsme porovnávali výkony v generátorickém režimu, je VTE Veselí u Oder. Tato elektrárna je díky instalovanému jednotkovému výkonu 2MW dle výpočtů schopna vyrobit za jeden měsíc (31 dní) provozu při ideálních přírodních podmínkách elektrickou energii o velikosti 1488MWh.

### 8.2.1 Veselí u Oder – Červenec 2009

V červenci pracovala elektrárna v tomto generátorickém režimu dohromady 20060 minut (necelých 14 dnů). Takovou dobu do sítě dodávala kladný činný výkon, během níž vyrobila 164MWh. Tedy z maximální hodnoty energie, kterou mohla vyrobit, je to 11%. Maximální okamžitý činný výkon byl 2017kW, což je instalovaný výkon elektrárny.

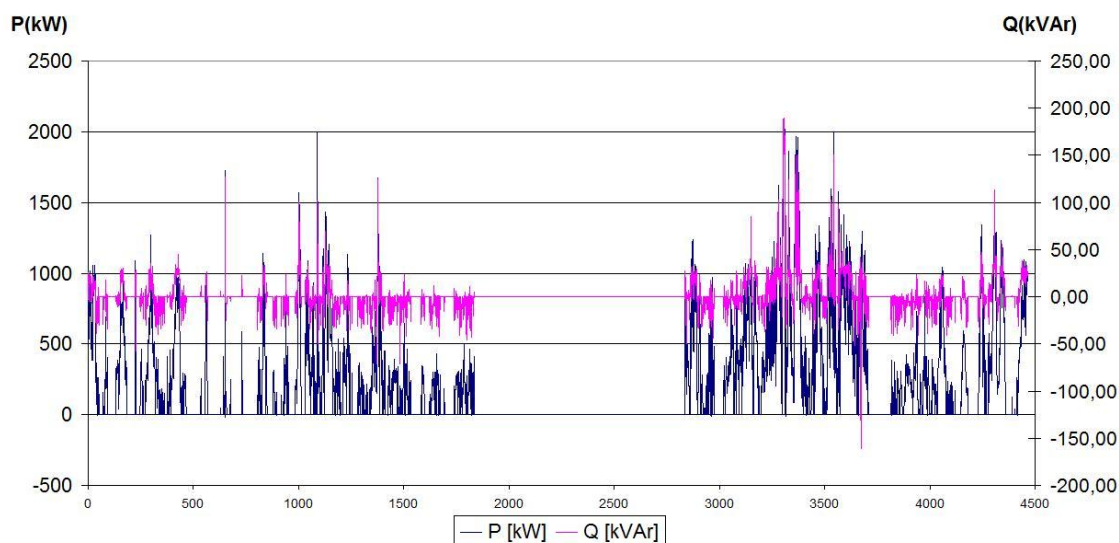
Na obrázku 22 máme opět znázorněný PQ diagram, ze kterého je zřejmé, jakou dobu elektrárna pracovala v té které části kvadrantu. Vidíme, že převážnou část provozu v červenci 2009, přesně 75% doby provozu, elektrárna dodávala do sítě činný výkon.



obrázek 22 PQ diagram, červenec VTE Veselí u Oder

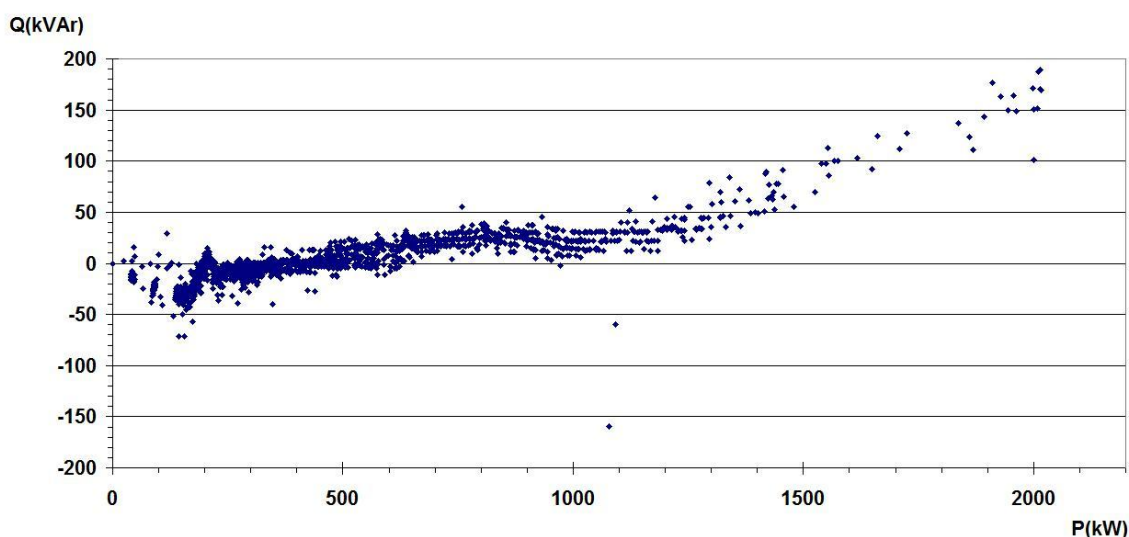
Podle obrázku 23 vidíme, že v době od 13.7.2009 do 21.7.2009 elektrárna byla mimo provoz. Tento stav zapříčinila porucha na hydraulice, která musela být pro znovuzprovoznění mechanicky opravená. Po tuto dobu byla VTE Veselí u Oder odstavena. Po zprovoznění začla elektrárna velmi dobře vyrábět elektrickou energii, její okamžité činné výkony se od 22.7.2009 až do 26.7.2009 pohybovaly v průměru okolo 1MW. Poté jeho velikost klesla zhruba na dvě třetiny a vydržela až do konce měsíce. Začátek měsíce až do již popsané poruchy hydrauliky byl výkonově slabší, činný výkon se pohyboval v průměru okolo 600kW.





obrázek 23 Činný a jalový výkon v červenci VTE Veselí u Oder

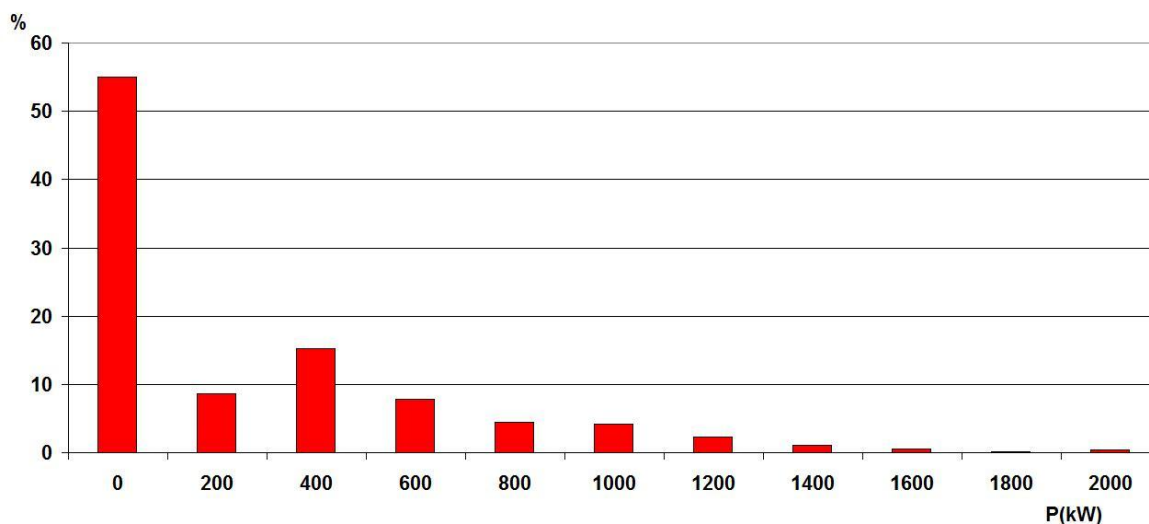
Na obrázku 24 je krásně vidět, že výkony se nejčastěji pohybovaly v oblasti  $-40\text{kVar}$  až  $20\text{kVar}$  a  $10$  až  $800\text{kW}$ .



obrázek 24 Bodový graf činných a jalových výkonů v červenci VTE Veselí u Oder

Činný výkon, který nás zajímá, máme opět porovnán ve sloupcovém grafu na obrázku 25, tedy v sloupcovém grafu, kde každý sloupec zastupuje jednotlivé procentuální četnosti hladin výkonů od  $0$  až po instalovaný výkon  $2\text{MW}$ . Z grafu přesně vidíme, že větší část měsíce července, přesně  $55\%$ , byla elektrárna v režimu, kdy do sítě nedodávala žádný činný výkon. Je to způsobeno mimo počasí také danou poruchou na hydraulickém zařízení elektrárny. Oproti elektrárně v Pcherách, je zde první hodnota činného výkonu (větší než  $0$  až  $200\text{kW}$ ) menší než hodnota výkonů  $200\text{kW}$  až  $400\text{kW}$ . První zmínovaná hodnota je zastoupena četností přes  $8\%$ , kdežto druhá

ve více než 15%. Hodnota v rozmezí 400kW až 600kW je opět v necelých 8%. Mezi hodnotami 600kW až 800kW a 800kW až 1MW je četnost po 4%. Další hodnoty již postupně klesají.



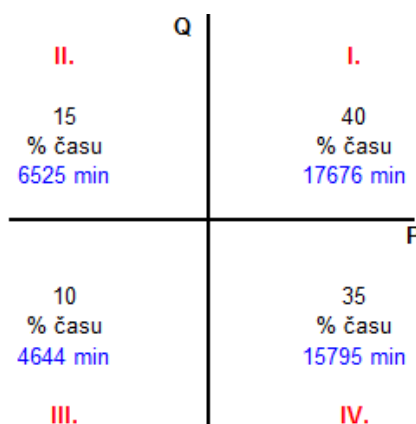
obrázek 25 Činný výkon v červenci VTE Veselí u Oder v % jednotlivých výkonů

### 8.2.2 Veselí u Oder – Srpen 2009

V srpnu 2009 je jako v předešlém měsíci VTE Veselí u Oder díky instalovanému výkonu 2MW teoreticky schopna vyrobit elektrickou energii o velikosti přes 1488MWh.

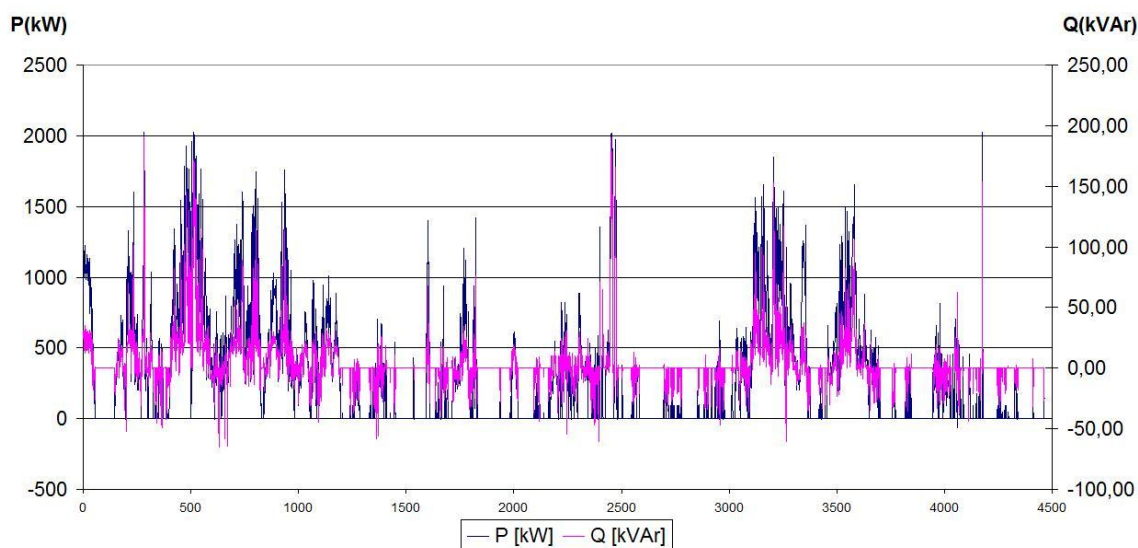
V tomto měsíci elektrárna pracovala v generátorickém režimu dohromady 24960 minut (přes 17 dnů). Tuto dobu do sítě dodávala kladný činný výkon, během níž vyrobila 227,122MWh, to je 15,3% z maximálního množství energie, kterou mohla vyrobit. Maximální okamžitý činný výkon byl 2020kW, to je tedy 100% využití instalovaného výkonu v danou dobu.

Na obrázku 26 je na PQ diagramu vidět, že stejně jako v předchozím měsíci, tedy v 75%, je činný výkon větší než 0. Jalová složka výkonu je kladná v 45% času.



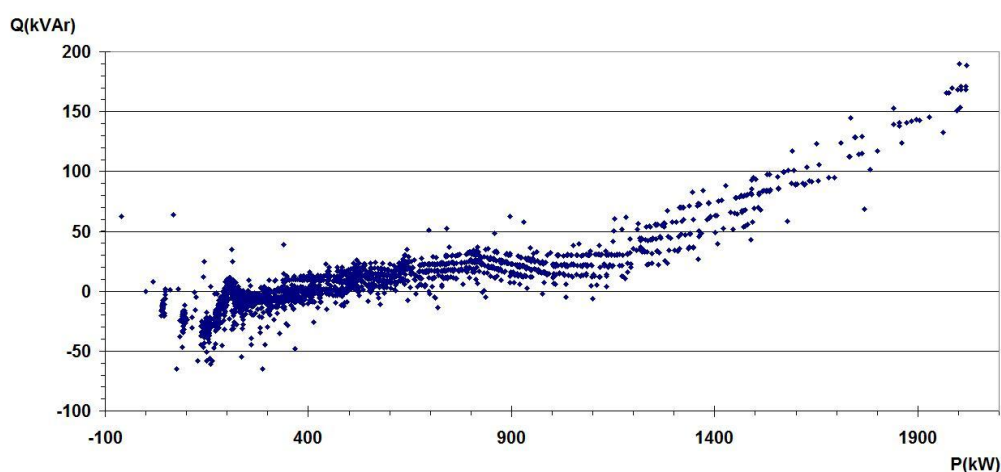
obrázek 26 PQ diagram, srpen VTE Veselí u Oder

Z obrázku 27 vidíme, že v prvním týdnu měsíce srpna VTE Veselí u Oder pracovala nejefektivněji z celého měsíce, průměrný výkon je 600kW. Doba, kdy elektrárna nevyráběla činný výkon, je v průběhu celého měsíce pouze minimální, to z důvodu bezvětří, elektrárna nebyla schopna vyrábět elektrickou energii. V tomto měsíci došlo čtyřikrát k plnému vytížení instalovaného výkonu, 2., 4., 18. a 29.8.2009. V období od 21.8.2009 až 26.8.2009 byl průměr vyráběné elektřiny taky vysoký, v průměru 570kW. Ve zbývajícím období se vyrobená energie pohybovala v průměrných hodnotách okolo 280kW.



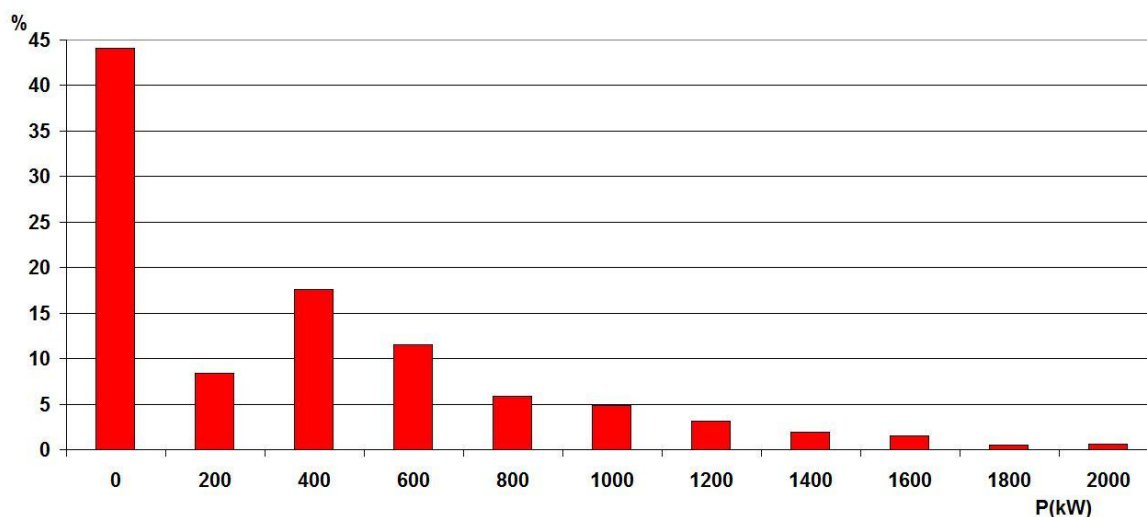
obrázek 27 Činný a jalový výkon v srpnu VTE Veselí u Oder

V následujícím obrázku 28 je vidět, v jakých hodnotách se činné a jalové výkony pohybovaly nejčastěji, je to v oblasti nejhustěji pokrytými modrými body, tj. v oblasti  $-30\text{kVar}$  až  $25\text{kVar}$  a  $-30\text{kW}$  až  $700\text{kW}$ .



obrázek 28 Bodový graf činných a jalových výkonů v srpnu VTE Veselí u Oder

Činný výkon máme porovnán na obrázku 29 ve sloupcovém grafu. Hodnoty jsou podobné grafu z předešlého měsíce. Ve 44% času elektrárna nedodávala do sítě žádný výkon. Dodávaný výkon větší než 0 až 200kW je zastoupen v 8%, 200 až 400kW v 18% a hodnoty výkonu od 600kW až 800kW v 6%. Hodnoty 800kW až 1000kW jsou v necelých 5% a dále procentuální hodnoty lineárně klesají.



obrázek 29 Činný výkon v srpnu VTE Veselí u Oder v % jednotlivých hladin výkonů

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit dvě větrné elektrárny a jejich provoz v průběhu dvou měsíců. V průběhu dvou měsíců proto, že data VTE Pchery byla pouze v omezeném rozsahu a to právě něco přes dva měsíce. To znamená, že byly ucelené dva měsíce z obou větrných elektráren, a proto se omezilo na porovnání jen dvou měsíců. Pro obrázek o chodu elektráren a o lokalitách však tento časový úsek postačuje.

Koeficient využitelnosti je poměr mezi skutečně vyrobenou elektrickou energií a elektrickou energií vyrobenou v případě, že by VTE dodávala jmenovitý výkon. Hodnoty koeficientů jednotlivých VTE v daných měsících uvádí tabulka 4.

*tabulka 4 Koeficienty využitelnosti porovnávaných větrných elektráren*

Elektrárna	Měsíc	Koeficient využitelnosti
VTE Pchery	Červenec	12,8%
	Srpen	7,1%
VTE Veselí u Oder	Červenec	11%
	Srpen	15,3%

Porovnáním koeficientů jednotlivých měsíců mezi větrnými elektrárnami navzájem vidíme, že v červenci jsou hodnoty koeficientů rozdílné jen o 1,8%. V srpnu má však VTE Veselí u Oder tento koeficient větší o 8,2%, což je o větší polovinu. Z toho lze usuzovat, že koeficient využitelnosti nezáleží jen na vhodnosti lokality, ale také na servisní firmě, která se o danou VTE stará. Totiž v případě poruchy se musí odstranit co nejrychleji, aby nevznikaly zbytečné prostoje a tím klesal tento koeficient.

Ze sloupcových grafů činných výkonů zjišťujeme, že u větrné elektrárny Pchery se vyráběný činný výkon více pohyboval u nižších hodnot výkonů a doba, kdy tato VTE vyráběla větší okamžitý činný výkon, byla podstatně menší. Na rozdíl VTE Pchery se u VTE Veselí u Oder okamžitý činný výkon pohyboval ve velké míře kolem hodnot 400kW a 600kW.

Podle PQ diagramů větrná elektrárna Veselí u Oder v červenci dodávala činný i jalový výkon v 37% celkového času, v srpnu dokonce 40%. Další údaj, který je podstatný pro regulaci napětí, je hodnota 63% celkového času, kdy VTE Pchery bere ze sítě jalový výkon. V následujícím měsíci dokonce odběr jalové energie ze sítě u VTE Pchery ještě o 2% stoupl na hodnotu 65%.

Na závěr mohu říct, že se podařilo splnit zadání bakalářské práce, což bylo porovnání výkonových poměrů dvou větrných elektráren, VTE Pchery a VTE Veselí u Oder.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Z historie větrných elektráren. ELEKTRO: odborný časopis pro elektrotechniku [online] [Citace: 2010-03-02] Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=26559](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26559)
- [2] Stručný popis konstrukce větrné elektrárny. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 25.03.2010]. Dostupný z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/strucny-popis-konstrukce-vetrne-elektrarny/19>
- [3] Větrná mapa. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 25.03.2010]. Dostupný z: <http://www.csve.cz/clanky/detail/35>
- [4] Přínosy větrné energetiky. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.01.2008, [cit. 25.12.2008]. Dostupný z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/prinosy-vetrne-energetiky/191>
- [5] Stručný popis konstrukce větrné elektrárny. ČSVE: Česká společnost pro větrnou energii [online]. 19.03.2009, [cit. 25.03.2010]. Dostupný z: <http://www.csve.cz/cz/clanky/strucny-popis-konstrukce-vetrne-elektrarny/19>
- [6] Větrná elektrárna. PCHERY: Vystavba [online]. 9.02.2009, [cit. 25.03.2010]. Dostupný z: <http://www.vtepchery.cz/vystavba.php>
- [7] Větrná elektrárna. PCHERY: Projekt [online]. 9.02.2009, [cit. 25.03.2010]. Dostupný z: <http://www.vtepchery.cz/projekt.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>obrázek 1</b>	Obtékání vzduchu okolo listů rotoru.....	13
<b>obrázek 2</b>	Sloupový větrný mlýn.....	14
<b>obrázek 3</b>	Holandský větrný mlýn.....	14
<b>obrázek 4</b>	První větrná elektrárna na světě.....	15
<b>obrázek 5</b>	První větrná elektrárna v Evropě.....	15
<b>obrázek 6</b>	Obálka prvního časopisu o větrné energetice z roku 1904.....	15
<b>obrázek 7</b>	VTE z roku 1975 s instalovaným výkonem 2MW.....	17
<b>obrázek 8</b>	Pohled na gondolu větrné elektrárny u Maglarpu.....	18
<b>obrázek 9</b>	Představa o základních konstrukčních směrech větrných elektráren.....	22
<b>obrázek 10</b>	Větrná mapa Česka.....	22
<b>obrázek 11</b>	Fotografie z cesty vedoucí kolem VTE Pchery.....	24
<b>obrázek 12</b>	Fotografie z cesty vedoucí mezi VTE Veselí u Oder.....	26
<b>obrázek 13</b>	Fotografie VTE Veselí u Oder z nedalekého kopce.....	26
<b>obrázek 14</b>	PQ diagram, červenec VTE Pchery.....	27
<b>obrázek 15</b>	Činný a jalový výkon v červenci VTE Pchery.....	28
<b>obrázek 16</b>	Bodový graf činných a jalových výkonů v červenci VTE Pchery.....	28
<b>obrázek 17</b>	Činný výkon v červenci VTE Pchery v % jednotlivých hladin výkonů.....	29
<b>obrázek 18</b>	PQ diagram, srpen VTE Pchery.....	30
<b>obrázek 19</b>	Činný a jalový výkon v srpnu VTE Pchery.....	30
<b>obrázek 20</b>	Bodový graf činných a jalových výkonů v srpnu VTE Pchery.....	31
<b>obrázek 21</b>	Činný výkon v srpnu VTE Pchery v % jednotlivých hladin výkonů.....	31
<b>obrázek 22</b>	PQ diagram, červenec VTE Veselí u Oder.....	32
<b>obrázek 23</b>	Činný a jalový výkon v červenci VTE Veselí u Oder.....	33
<b>obrázek 24</b>	Bodový graf činných a jalových výkonů v červenci VTE Veselí u Oder.....	33
<b>obrázek 25</b>	Činný výkon v červenci VTE Veselí u Oder v % jednotlivých výkonů.....	34
<b>obrázek 26</b>	PQ diagram, srpen VTE Veselí u Oder.....	34
<b>obrázek 27</b>	Činný a jalový výkon v srpnu VTE Veselí u Oder.....	35
<b>obrázek 28</b>	Bodový graf činných a jalových výkonů v srpnu VTE Veselí u Oder.....	35
<b>obrázek 29</b>	Činný výkon v srpnu VTE Veselí u Oder v % jednotlivých hladin výkonů.....	36

## SEZNAM TABULEK

<b>tabulka 1</b>	Seznam výrobců dle instalovaného výkonu v ČR .....	21
<b>tabulka 2</b>	Základní popis VTE Pchery.....	24
<b>tabulka 3</b>	Základní popis VTE Veselí u Oder .....	26
<b>tabulka 4</b>	Koeficienty využitelnosti porovnávaných větrných elektráren .....	37